马晓燕,胡宏远,李金洋,等.不同葡萄砧木抗寒抗抽干能力比较研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2024,44(2):41-51.
Ma X Y, Hu H Y, Li J Y, et al. Comparative study on cold resistance and drought tolerance of different grape rootstocks[J]. Journal of Shanxi Agricultural University(Natural Science Edition), 2024,44(2):41-51.
**doi**: 10.13842/j.cnki.issn1671-8151.202311039

# 不同葡萄砧木抗寒抗抽干能力比较研究

马晓燕[1],胡宏远[2],李金洋[1],侯晨阳[1],李栋梅[1],王振平[1*]

(1.宁夏大学 葡萄酒与园艺学院,宁夏 银川 750021;2.宁夏大学 生命科学学院,宁夏 银川 750021)

**摘　要**:[目的]气候变化新形势下,进一步筛选适宜西北地区抗寒、抗抽干葡萄砧木品种,可为葡萄免埋土栽培推广提供理论依据和技术支撑。[方法]本文以41Bmgt、Riparia、420Bmgt、101－14、196－17、44－53ma、110R、Rupestris du Lot、SO4、161－490、1103P、5BB、3309、Leon Millt共14种13年生葡萄砧木为试材,通过测定离体一年生枝条累计失水速率,结合田间调查葡萄砧木存活率和离体一年生枝条抽干率,以此来评价不同葡萄砧木品种抗抽干能力;结合前人研究及砧木品种特性,采用高低温交变试验箱模拟低温的方法,设置4(对照)、－15、－20、－25和－30 ℃一系列温度梯度水平,测定不同葡萄砧木一年生枝条相对电导率、丙二醛、游离脯氨酸、可溶性糖及可溶性蛋白5个生理生化指标,利用隶属函数法进行综合评价不同葡萄砧木的抗寒性。[结果]不同葡萄砧木的抗抽干能力由强到弱依次为:3309>161－490>196－17>Leon Millt>420Bmgt>44－53ma>Riparia>110R>1103P>SO4>101－14>41Bmgt>5BB>Rupestris du Lot;随着处理温度的降低,不同葡萄砧木枝条的抗寒指标总体呈现上升趋势,但不同品种之间存在差异。根据隶属函数的综合分析,结果显示各葡萄砧木的抗寒性由强到弱依次为:SO4>196－17>Leon Millt>5BB>Riparia>44－53ma>420Bmgt>1103P>3309>110R>Rupestris du Lot>101－14>41Bmgt>161－490。[结论]Riparia、196－17、44－53ma和Leon Millt具有较强的抗抽干能力和抗寒性,可作为我国西北地区免埋土葡萄砧木使用。

**关键词**:葡萄砧木; 高低温交变试验箱; 抗寒性; 抗抽干; 隶属函数法
**中图分类号**:S663.1　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1671-8151(2024)02-0041-11

葡萄作为世界重要果树,具有很高的经济价值,在制汁、制干、鲜食和酿酒等方面广泛应用。西北地区是我国葡萄栽培的重要产区,在国内外享有较高声誉,葡萄栽培中多用欧亚种葡萄(*Vitis vinifera* L.),该品种品质佳,但抗寒抗抽干能力较差。冬季低温冻害,轻则造成部分枝条冻伤抽干减产,重则造成树体死亡,给葡萄产业健康发展带来严重威胁[1-2]。

我国葡萄生产中多选用自根苗定植,其根系抗逆性较差,极易遭受低温冻害,生产上普遍采用埋土防寒栽培技术措施以实现安全越冬,不仅造成地表破坏,引发土壤风蚀,不利于生态环境保护,而且增加了劳动成本,导致市场竞争力下降。葡萄根系低温冻害是造成葡萄园低产低质的重要原因之一[3],因此,选择抗性强的砧木是世界各国葡萄栽培的重要技术措施,对提高葡萄生物胁迫和非生物胁迫起到重要作用,选择适宜当地葡萄生产的抗性砧木尤为重要。

通过人工模拟低温胁迫试验,探讨葡萄砧木抗抽干能力和抗寒性与其相关生理生化指标之间的关系,对其抗逆能力进行评估,是当前研究植物抗逆能力的主要方法。李鹏程等[4]对8种葡萄砧木在低温胁迫条件下的失水速率、萌芽率等生理指标进行研究,用隶属函数的方法对葡萄砧木进行综合性分析,得出结果与葡萄砧木半致死温度(LT50)结果相一致。郑晓翠等[5]应用Logistic方

**收稿日期**:2023-11-30　　**修回日期**:2024-01-16
**基金项目**:宁夏回族自治区重点研发计划(2121BEF02036);国家葡萄产业技术体系水分生理与节水栽培岗位(CARS-29-zp-3)
**作者简介**:马晓燕(ORCID:0009-0005-2816-2057),硕士研究生,研究方向:葡萄逆境生理与分子生物学
*通信作者:王振平(ORCID:0000-0002-8876-3664),研究员,博士生导师,E-mail:dr.wangzhp@163.com

程拟合得出LT50,结合组织褐变以及实践的方式,对14种葡萄砧木进行抗寒性分析,结果显示,抗寒性强的砧木品种是'华葡1号'和'贝达',其次是'420A'和'Lot',而'101-14''225Ru'抗寒性最差。前人对葡萄砧木的抗逆性主要集中在葡萄根瘤蚜、抗线虫、抗盐碱、抗寒等,而对葡萄砧木的抗抽干性研究较少,对葡萄砧木的抗抽干和抗寒性综合分析评价则研究更少[6]。西北葡萄安全越冬不仅受绝对低温影响,更受冬季干旱制约,综合评价葡萄砧木的抗寒抗抽干能力更有意义。

本研究通过调查14种13年生葡萄砧木免埋土枝条的萌芽率,并测定葡萄砧木一年生枝条累计失水速率,分析其抗抽干能力。通过采用高低温交变试验箱对14种葡萄砧木一年生枝条进行低温处理,测定其相对电导率、丙二醛、游离脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白等生理生化指标,利用隶属函数综合分析法对葡萄砧木抗寒性进行分析,筛选出适宜西北地区抗逆性强的葡萄砧木品种,旨在为葡萄嫁接栽培提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试材料为国家葡萄产业技术体系水分生理与节水栽培岗位试验基地,宁夏回族自治区银川市永宁县定植的14种13年生葡萄,砧木品种分别为41Bmgt、Riparia、420Bmgt、101-14、196-17、44-53ma、110R、Rupestris du Lot、SO4、161-490、1103P、5BB、3309、Leon Millt。每一砧木品种冬剪前,随机剪取50根1年生枝基部1 m枝段,标记,沙藏备用。其它1年生枝保留至第2年萌发调研后从基部剪除,整个冬季处于免埋土自然越冬状况。

### 1.2 试验方法

取未做低温处理的枝条,以3个芽眼将各品种枝条剪断,测定枝条累计失水速率,以此评价砧木抗抽干能力的强弱。在第2年葡萄砧木萌发后,统计枝条的萌芽率和植株存活率,调查枝条韧皮部是否失水皱缩来判断枝条抽干情况。

将沙藏枝条取出,用去离子水冲洗干净砧木枝条表面泥沙,吸干表面水分后置于4 ℃冰箱中保存待用。各砧木枝条分别置于BXGD-100B型高低温交变试验箱进行4 h低温处理。处理温度为对照(试验材料从4 ℃冰箱取出直接测定)、-15、-20、-25和-30 ℃,测定不同低温处理下砧木枝条相对电导率,游离脯氨酸、丙二醛、可溶性糖和可溶性蛋白,以此评价砧木抗寒性的强弱。

### 1.3 指标测定方法

1.3.1 抽干率和萌芽率[7]

2023年枝条发芽后,将一年生枝分为抽干枝和未抽干枝,调查各品种一年生枝抽干枝数和总枝数,计算抽干率。

抽干率=抽干枝数/总枝数×100%

2023年春季萌芽后,统计各品种萌芽数和未萌芽率,并计算萌芽率。

萌芽率=萌芽数/总芽数×100%

1.3.2 枝条累计失水速率

使用单根枝条差重法测定枝条累计失水速率[8]。将10 cm带有3个芽眼的枝段,逐一编号,置于室内通风处,每2天定时称重1次,记为$W_n$,计算离体枝条的累计失水速率。

累计失水速率=$(W_1-W_n)/W_1/W_{总}\times100\%$

1.3.3 相对电导率

将处理后的枝条剪成约1~2 mm,并称取2 g枝条,将其放入装有20 mL去离子水的具塞试管后置于摇床,震荡12 h后用电导仪(型号:DDS-307A)测定初电导率值$E_1$,煮沸40 min后取出,静置2 h后测定终电导率值$E_2$[9]。

相对电导率=$(E_1/E_2)\times100\%$

1.3.4 抗逆生理指标测定

游离脯氨酸采用茚三酮比色法;丙二醛采用硫代巴比妥酸法;可溶性糖采用蒽酮比色法;可溶性蛋白采用考马斯亮蓝法[10]。

1.3.5 隶属函数分析

利用隶属函数分析[11]对各项指标综合评价。

隶属函数值计算公式:$R(Xij)=(Xij-Xj\min)/(Xj\max-Xj\min)$

反隶属函数值计算公式:$R(Xij)=1-(Xij-Xj\min)/(Xj\max-Xj\min)$

其中,i用来表示品种;j用来表示测定的某一个指标;$R(X_{ij})$表示i在j上的隶属函数值;$X_{ij}$表示i在j上的测定值;$X_{jmax}$和$X_{jmin}$分别代表所有i在j上的最大值和最小值。

### 1.4 统计分析

采用SPSS 26.0进行显著性分析,利用Office 2010和Origin 2017对数据进行整理及绘图。

## 2　结果与分析

### 2.1　自然越冬条件下不同砧木调查情况

萌芽率是衡量植株能否安全越冬的关键因素,也是判断枝条是否出现受冻及抽干的关键指标[12]。表1揭示了自然越冬条件下不同砧木枝条的抽干率和萌芽率情况,各砧木之间存在显著差异。由表1可知,各砧木植株存活率均为100%。其中,3309没有出现抽干;161-490抽干占比为5.00%;Rupestris du Lot抽干率最高,为57.14%。Leon Millt萌芽率最高,为85.63%;Riparia次之,萌芽率约为80.36%;其中161-490的萌芽率最低,为20.66%。

**表1　自然越冬条件下不同葡萄砧木调查情况**

**Table 1**　Investigation of different grape rootstocks shoot under natural overwintering conditions **单位:%**

| 砧木品种 Stock species | 枝条抽干率 Drying rate of branches | 枝条萌芽率 Germination rate of branches | 植株存活率 Plant survival rate |
|---|---|---|---|
| 41Bmgt | 55.00±0.68b | 21.19±0.72e | 100 |
| Riparia | 33.33±0.63d | 80.36±0.54b | 100 |
| 420Bmgt | 15.00±1.29f | 61.54±3.87c | 100 |
| 101－14 | 54.55±0.47b | 21.26±0.68e | 100 |
| 196－17 | 10.00±0.51h | 81.32±0.63b | 100 |
| 44－53ma | 28.57±2.37e | 80.48±0.38b | 100 |
| 110R | 34.78±0.79d | 41.65±3.11d | 100 |
| Rupestris du Lot | 57.14±0.85a | 21.45±1.25e | 100 |
| SO4 | 53.33±0.72b | 64.41±5.12c | 100 |
| 161－490 | 5.00±0.77i | 20.66±0.63e | 100 |
| 1103P | 47.62±1.12c | 62.02±1.33c | 100 |
| 5BB | 54.55±0.35b | 60.20±3.47c | 100 |
| 3309 | 0.00±0.00j | 60.63±1.63c | 100 |
| Leon Millt | 12.50±0.88g | 85.36±1.51a | 100 |

注:同列不同小写字母表示不同砧木品种差异显著($P<0.05$)

Note:Different lowercase letters in the same column indicate the significant difference between different rootstock varieties($P<0.05$)

### 2.2　自然越冬条件下对枝条累计失水速率的影响

植株离体枝条在空气中的累计失水速率,是衡量植株水分保持能力的重要指标。图1代表的是枝条的累计失水速率,随着天数的增加,累计失水速率逐渐上升,达到一定值后趋于平缓。从图1可以得出,枝条累计失水14 d后,3309的累计失水速率为85%,而其它砧木品种的累计失水速率达到90%;16 d后,所有砧木的累计失水速率均达到90%以上。依据枝条累计失水速率各砧木抗抽干强弱依次为:3309>161-490>196-17>Leon Millt>420Bmgt>44-53ma>Riparia>110R>1103P>SO4>101-14>41Bmgt>5BB>Rupestris du Lot。

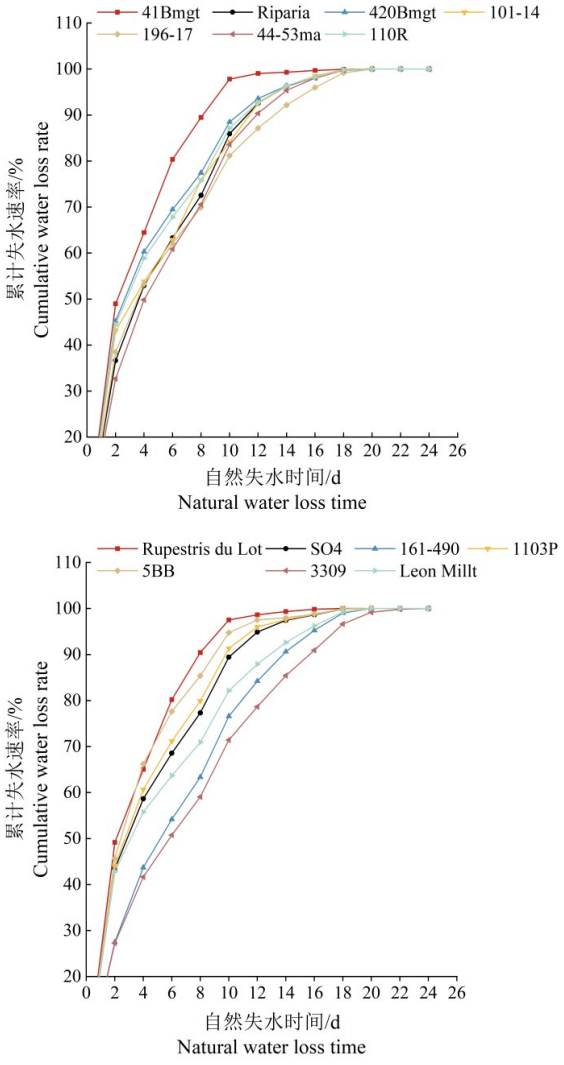



**图1　自然越冬下不同砧木累计失水速率随时间的变化趋势**

**Fig.1**　Variation trend of cumulative water loss rate of different rootstocks shoot with time under natural overwintering

### 2.3　低温对葡萄砧木枝条相对电导率的影响

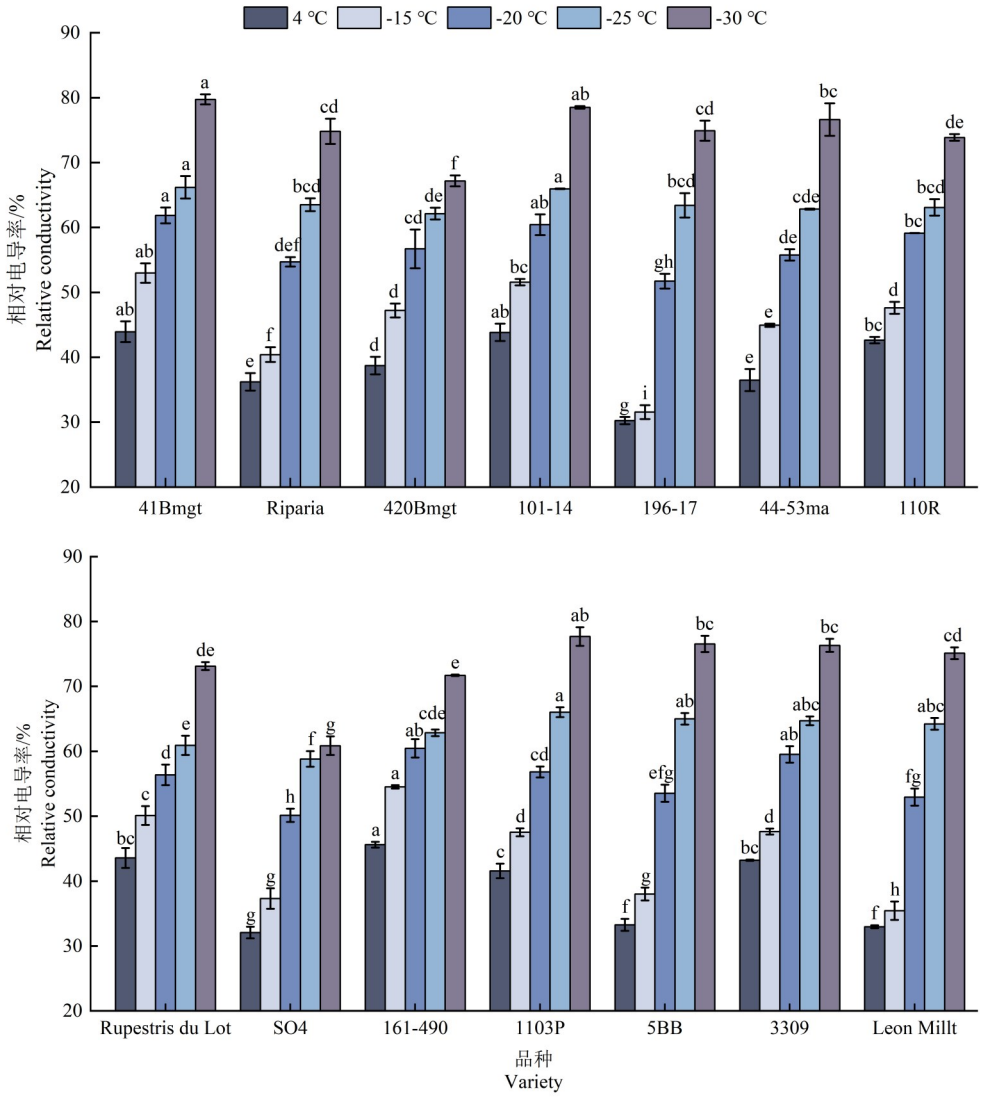
图2表示的是低温条件下各葡萄砧木相对电导率变化,不同砧木经过低温处理,其相对电导率随温度的降低而增加,且上升幅度有所差异。在

4 ℃处理下,161-490相对电导率最高,为45.61%;SO4相对电导率最低,为32.08%。从4 ℃降至-15 ℃,各砧木相对电导率随处理温度的降低逐渐升高,相较于其它砧木,Riparia、196-17、SO4、3309、Leon Millt砧木品种呈缓慢上升,其余品种则急剧上升。随着温度的持续降低,各砧木的相对电导率上升幅度增加,-20 ℃时最为显著,其中196-17增幅最大,为20.17%;Leon Millt次之,为17.51%;161-490增幅最小,为5.92%;-25 ℃降至-30 ℃,各葡萄砧木的相对电导率均呈现升高趋势,但增加的幅度较为平缓,其中SO4相对电导率增幅最小,为2.06%;101-14相对电导率由于温度的降低,增幅最大,为12.55%,且在-30 ℃低温处理下,41Bmgt相对电导率最大,101-14次之,而SO4相对电导率最小。

### 2.4 低温对葡萄砧木枝条生理指标的影响

#### 2.4.1 低温对葡萄砧木枝条丙二醛含量的影响

图3表示的是不同温度处理下各葡萄砧木枝条中丙二醛含量的变化趋势。根据温度由高到低的变化,不同葡萄砧木枝条中丙二醛含量均呈现上升趋势。从4 ℃降至-20 ℃,不同葡萄砧木枝条的丙二醛含量缓慢上升,101-14砧木枝条中丙二醛含量比其它砧木品种的增幅高;SO4和Leon Millt的丙二醛含量升高幅度最小,分别为




图柱上标不同小写字母表示不同品种在相同温度下差异显著($P<0.05$),下同

Different lowercase letters indicate significant differences among different varieties at same temperatures ($P<0.05$), The same below

**图2 低温对葡萄砧木枝条相对电导率的影响**

**Fig.2** Effects of low temperature on relative electrical conductivity of grape rootstock shoots

0.25 μmol•g$^{-1}$和0.19 μmol•g$^{-1}$。当温度从－25 ℃降至－30 ℃时,各葡萄砧木枝条的丙二醛含量缓慢上升,其中44-53ma在－30 ℃时丙二醛含量升高的幅度最大,为0.74 μmol•g$^{-1}$;110R次之,101-14丙二醛含量保持不变。

2.4.2　低温对葡萄砧木枝条游离脯氨酸含量的影响

图4表示的是不同低温条件下葡萄砧木枝条游离脯氨酸含量的变化趋势。根据温度由高到低的变化,不同葡萄砧木枝条中游离脯氨酸含量均呈现上升趋势,出现差异主要是葡萄砧木品种的原因。41Bmgt枝条在4 ℃时游离脯氨酸含量最高,为16.86 μg•g$^{-1}$;而Riparia和Leon Millt枝条中游离脯氨酸含量最低,分别为5.84 μg•g$^{-1}$和5.79 μg•g$^{-1}$。4 ℃降至－15 ℃,各葡萄砧木的游离脯氨酸含量平稳上升,44-53ma、161-490和Leon Millt枝条随着温度的降低,各砧木的游离脯氨酸含量增幅较大,分别为4.99、13.31和4.51 μg•g$^{-1}$;Rupestris du Lot随着温度的降低,其游离脯氨酸含量增幅最小,为1.72 μg•g$^{-1}$。－25 ℃时,3309和41Bmgt游离脯氨酸含量增幅较小,增幅分别为0.13和0.65 μg•g$^{-1}$。从－25 ℃降至－30 ℃时,110R和1103P游离脯氨酸含量变化差异显著,而Riparia、420Bmgt、Rupestris du Lot和3309游离脯

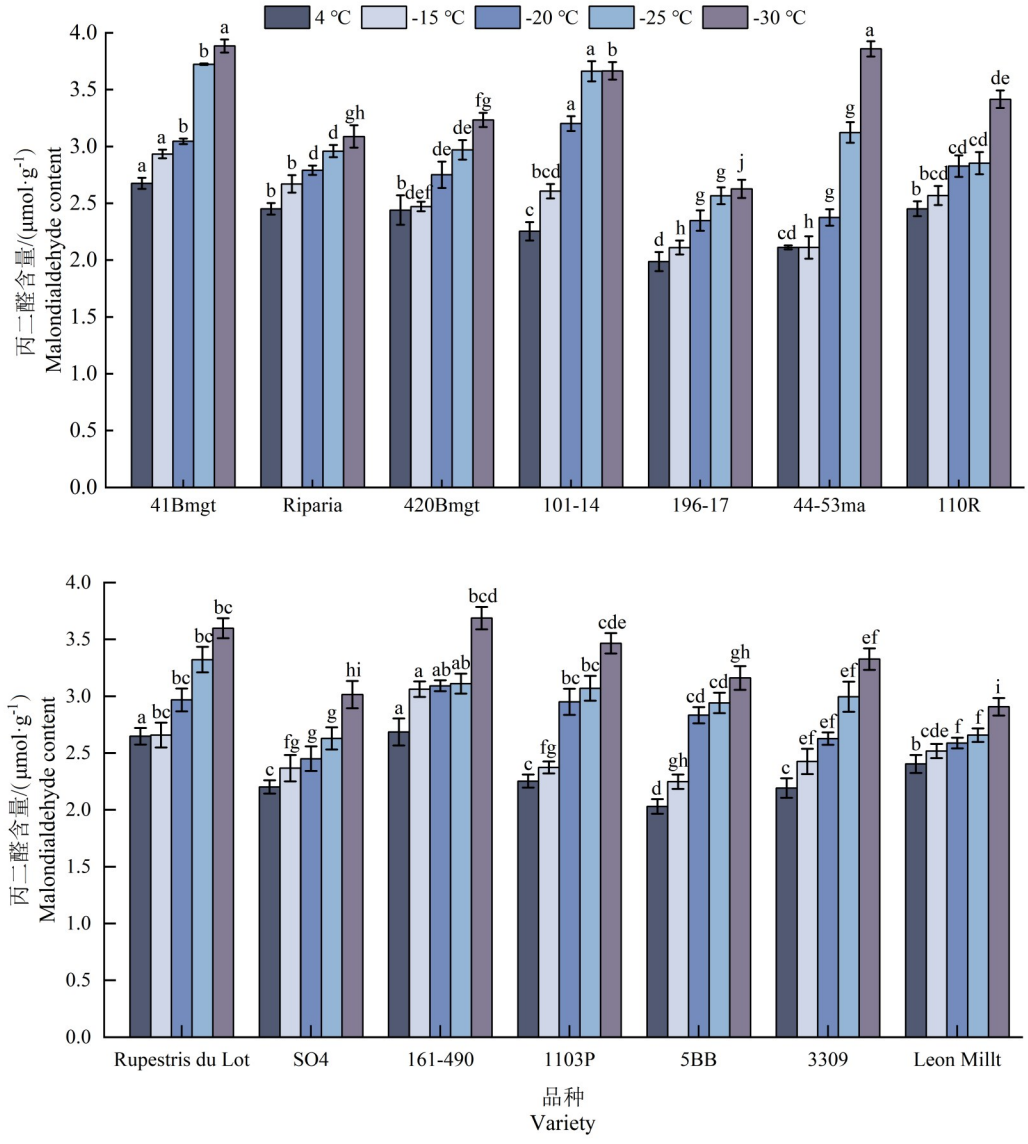



图3　低温对葡萄砧木枝条丙二醛含量的影响

**Fig.3**　Effects of low temperature on malondialdehyde in grape rootstock shoots

氨酸含量变化不显著。

2.4.3 低温对葡萄砧木枝条可溶性糖含量的影响

图5表示的是不同低温条件下葡萄砧木枝条中可溶性糖含量的变化。4 ℃时44-53ma、SO4、196-17和Leon Millt枝条的可溶性糖含量最低,为0.02 g•g$^{-1}$;而41Bmgt和3309枝条的可溶性糖含量最高,为0.06 g•g$^{-1}$。当温度从-15 ℃降至-25 ℃时,各砧木枝条中的可溶性糖含量均缓慢增加,其中110R枝条可溶性糖含量增幅保持不变;由于温度的降低,不同葡萄砧木枝条中可溶性糖含量逐渐升高,到达-30 ℃时最高,且SO4和Leon Millt枝条可溶性糖含量的增加幅度显著高于其它砧木品种,41Bmgt、196-17、161-490、1103P、5BB和3309枝条的可溶性糖含量增幅保持不变。

2.4.4 低温对葡萄砧木枝条可溶性蛋白含量的影响

各葡萄砧木枝条中可溶性蛋白含量由于温度的降低其含量逐渐增加(图6)。4 ℃时,41Bmgt砧木枝条中可溶性蛋白含量最高,为2.19 mg•g$^{-1}$;其次是101-14,而Riparia和5BB枝条的可溶性蛋白含量最低,分别为1.40和1.39 mg•g$^{-1}$。从-15 ℃降至-20 ℃时,各砧木枝条中可溶性蛋白含量急剧升高,196-17和110R枝条中的可溶性蛋白含量

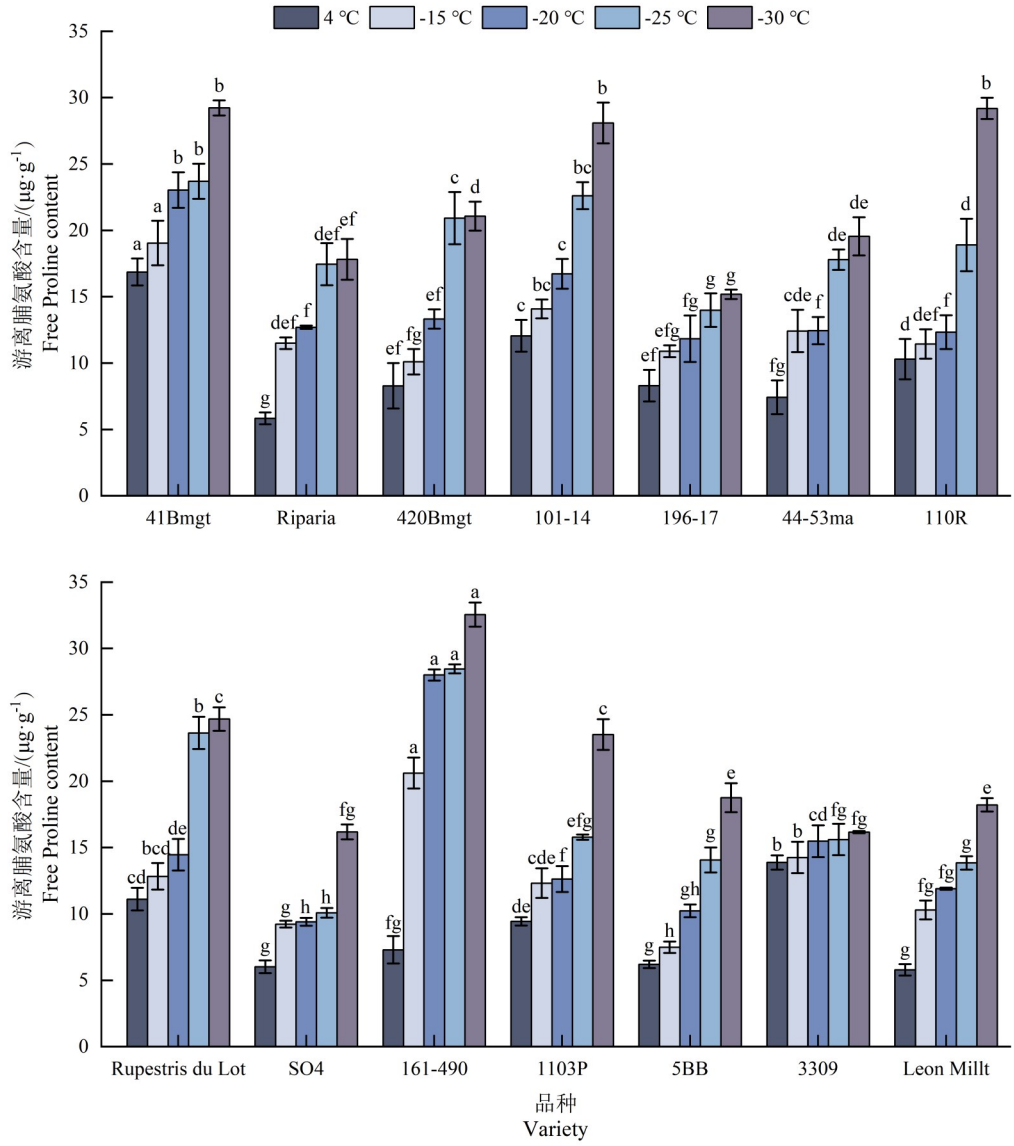



图4 低温对葡萄砧木枝条游离脯氨酸的影响

**Fig.4** Effects of low temperature on the content of free proline of grape rootstock shoots

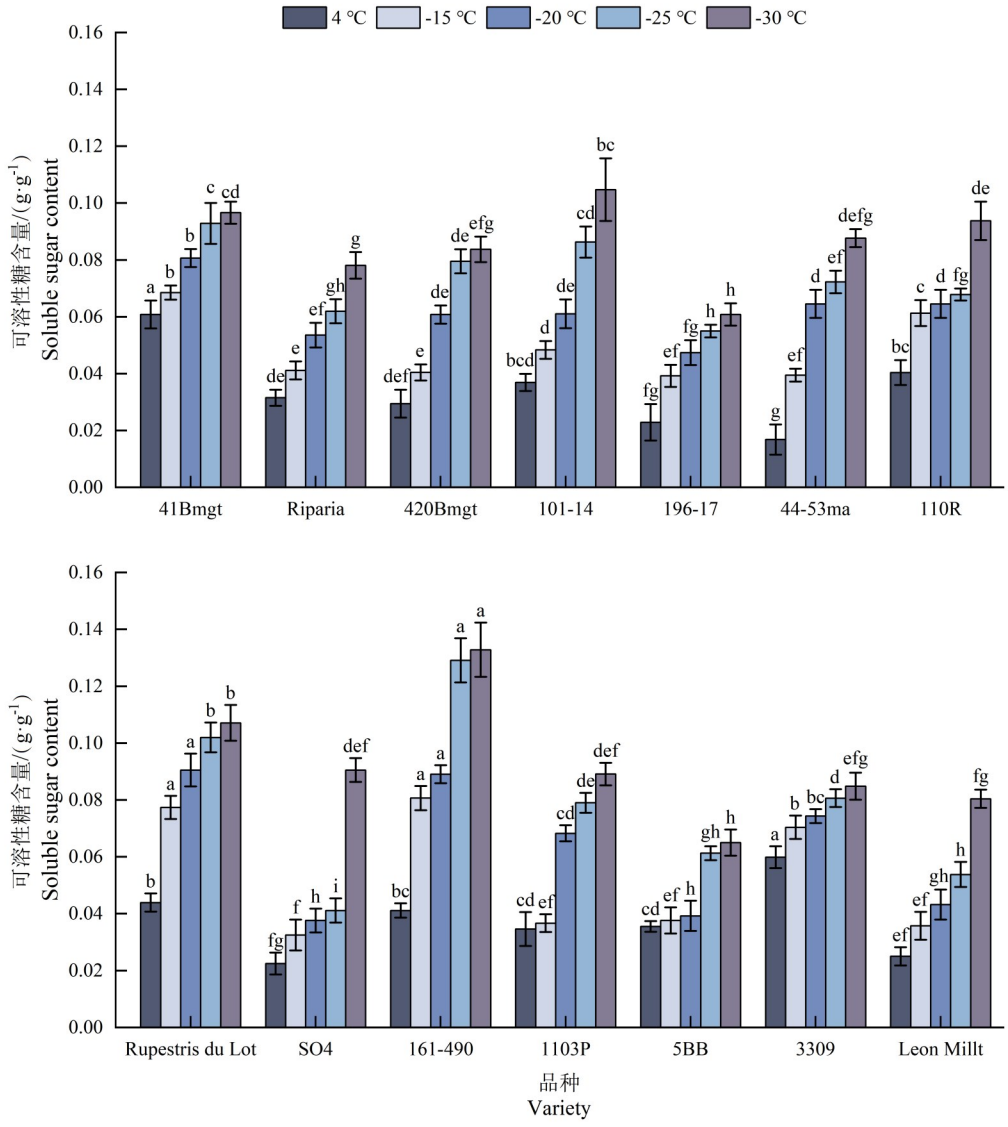



**图5　低温对葡萄砧木枝条可溶性糖的影响**

**Fig.5**　Effects of low temperature on the content of soluble sugar in grape rootstock shoots

增幅最大,分别为0.48和0.53 mg•g$^{-1}$;而Riparia和420Bmgt枝条中的可溶性蛋白含量增幅最小,均为0.01 mg•g$^{-1}$。当处理温度降为－25 ℃后,各砧木枝条中可溶性蛋白含量缓慢上升或趋于平稳状态,其中Leon Millt可溶性蛋白含量增幅最大,为0.29 mg•g$^{-1}$;101-14和1103P增幅最小,均为0.01 mg•g$^{-1}$。

### 2.5　不同砧木抗寒性分析

采用隶属函数综合分析并评价14种葡萄砧木的抗寒性强弱,结果如表2所示。根据抗寒指标的平均隶属值大小可知,各砧木的抗寒性由强到弱依次为:SO4、196-17、Leon Millt、5BB、Riparia、44-53ma、420Bmgt、1103P、3309、110R、Rupestris du Lot、101-14、41Bmgt、161-490。

## 3　讨论

美洲种和杂交种葡萄是耐寒性极高的品种,能够在－30～－20 ℃严寒地区越冬,是优良的抗寒性砧木,但在西北地区,冬季气候干旱,雨雪稀少,空气湿度较低,植株容易失水,引起枝条干枯褶皱[7]。累计失水速率是植物在一段时间内失去的总水分量,较高的累计失水速率表明大量的水分从枝条表面流失。枝条抽干主要是因为过度失水引起的。枝条抽干状况与累计失水速率密切相关,累计失水速率越高,表明其保水能力越弱,抗抽干能力越弱[13]。本研究中,196-17、Leon Millt、

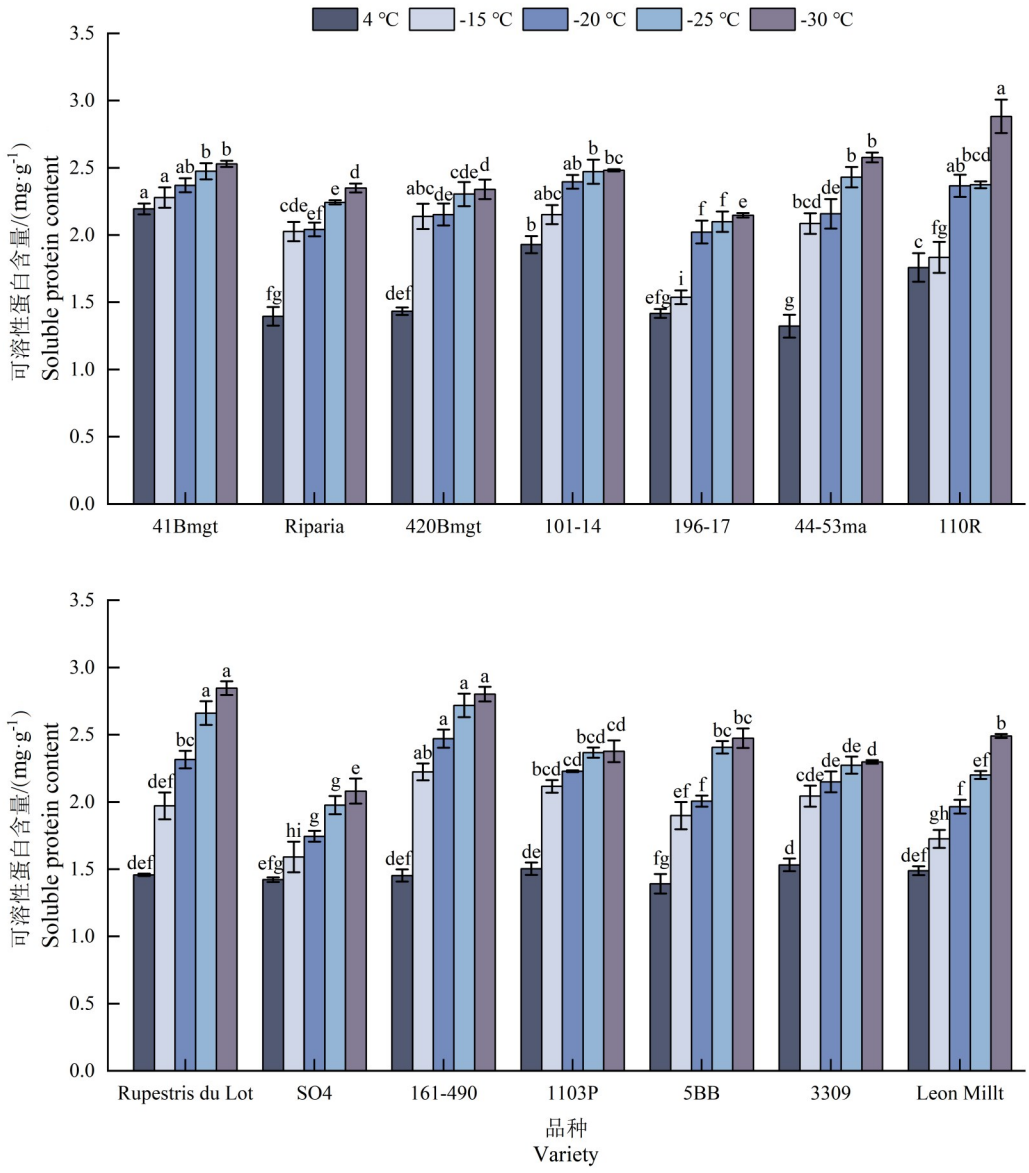



**图6 低温对葡萄砧木枝条可溶性蛋白的影响**

**Fig.6** Effects of low temperature on the content of soluble protein in grape rootstock shoots

Riparia、420Bmgt、161-490和3309枝条的抗抽干能力较强,Rupestris du Lot枝条的抗抽干能力最弱。

温度对植物的生长、发育和新陈代谢有决定性影响[14]。低温会导致植物细胞结构功能受损,引起细胞膜的变化,从而引起电解质的增加[15]。相对电导率作为细胞电解质外渗的衡量尺度,电解质外渗的增加代表细胞膜透性增强,从而导致抗寒能力减弱[16]。本研究表明,抗寒性强的砧木品种其相对电导率增加幅度较小,而抗寒性差的品种则相反。其中,196-17在-20 ℃时增幅显著,为20.17%;Leon Millt次之,增幅为17.51%;161-490增幅最低,为5.92%,这与王海鸥等[17]和郝停停等[18]研究结果一致。

丙二醛是细胞膜损伤的主要特征之一,其含量的增加与植株的损伤程度有着极为显著的相关性[19-20]。袁军伟等[21]发现,丙二醛含量由于温度的降低而升高,与相对电导率的变化相吻合,并进一步验证了丙二醛含量变化与抗寒性之间的关系。在低温胁迫下,植物体内会产生大量的渗透调节物质,从而实现对渗透压的调控。本研究表明,对于不同的低温处理,随温度降低,丙二醛含量呈现升高趋势,但达到一定值时趋于稳定,抗寒性强的品种,丙二醛含量增加幅度较小,抗寒性弱则恰好相反。从4 ℃降至-20 ℃时,葡萄砧木枝条的丙

表2　不同砧木抗寒指标的隶属函数值

**Table 2**　Affiliation function values of cold resistance indexes of different rootstocks

| 砧木品种 Rootstocks | 隶属函数值 Membership function value | | | | | 平均隶属值 Average membership value | 抗寒性排序 Cold resistance ranking |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 相对电导率 Relative conductivity | 丙二醛 MDA | 脯氨酸 Proline | 可溶性糖 Soluble sugar | 可溶性蛋白 Soluble protein | | |
| 41Bmgt | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.074 0 | 0.294 9 | 0.000 0 | 0.073 8 | 13 |
| Riparia | 0.535 2 | 0.498 4 | 0.781 5 | 0.830 5 | 0.590 8 | 0.647 3 | 5 |
| 420Bmgt | 0.499 9 | 0.518 7 | 0.653 8 | 0.719 6 | 0.487 6 | 0.575 9 | 7 |
| 101－14 | 0.066 9 | 0.189 1 | 0.352 0 | 0.545 0 | 0.137 8 | 0.258 2 | 12 |
| 196－17 | 0.806 5 | 1.000 0 | 0.859 0 | 0.995 3 | 0.864 9 | 0.905 1 | 2 |
| 44－53ma | 0.428 1 | 0.580 4 | 0.715 7 | 0.772 4 | 0.419 9 | 0.583 3 | 6 |
| 110R | 0.280 0 | 0.464 4 | 0.525 4 | 0.583 1 | 0.208 3 | 0.412 3 | 10 |
| Rupestris du Lot | 0.314 4 | 0.231 6 | 0.456 0 | 0.208 6 | 0.196 2 | 0.281 4 | 11 |
| SO4 | 1.000 0 | 0.779 1 | 1.000 0 | 1.000 0 | 1.000 0 | 0.955 8 | 1 |
| 161－490 | 0.145 6 | 0.135 7 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.058 9 | 0.068 1 | 14 |
| 1103P | 0.230 0 | 0.465 3 | 0.654 0 | 0.664 1 | 0.413 8 | 0.485 4 | 8 |
| 5BB | 0.585 5 | 0.660 0 | 0.911 5 | 0.941 7 | 0.551 2 | 0.730 0 | 4 |
| 3309 | 0.203 0 | 0.583 3 | 0.628 4 | 0.412 9 | 0.511 2 | 0.467 8 | 9 |
| Leon Millt | 0.672 2 | 0.689 7 | 0.861 3 | 0.943 7 | 0.651 9 | 0.763 8 | 3 |

二醛含量缓慢呈现上升趋势,101-14的丙二醛含量升高幅度显著高于其它品种,SO4和Leon Millt的丙二醛含量升高幅度最低,这与上述研究结果一致。

游离脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白与植物抗寒性有着密切的联系[22]。植物抗寒性是受多种因素共同影响的生理过程,用任何单一的生理指标难以全面客观地反映植物抗寒性的强弱。脯氨酸在植物抗寒中有着重要的作用,含量与其密切相关[23]。从试验结果来看,不同低温处理后,由于温度的下降,各砧木枝条的游离脯氨酸含量呈逐渐增加的趋势,但是抗寒性强的品种相对来说增幅较小,而抗寒性较弱的品种增幅较大。在4 ℃至－15 ℃范围内,161-490枝条中游离脯氨酸含量较小,随着温度的降低,Riparia枝条中游离脯氨酸含量变化不显著。基于上述研究,揭示了砧木在受到低温胁迫时,可能会通过新陈代谢,提高体内的渗透调节物质,从而达到对低温的保护作用;不同葡萄砧木品种其抗寒性有所差异,可溶性糖含量越高,植株的抗寒性越强[24-26]。本试验通过测定14种葡萄砧木枝条中可溶性糖含量发现,在低温胁迫下,植株枝条中可溶性糖含量与抗寒性有很大关系。在4 ℃时SO4可溶性糖含量最低,41Bmgt可溶性糖含量最高,其余砧木品种的可溶性糖含量介于二者之间;可溶性蛋白具有良好的亲水性,可显著提高枝条保水能力,同时也降低了冻裂引起原生质死亡的可能性。诸多植物的研究表明,在低温条件下,植物的可溶性蛋白含量会升高,从而调控植物的抗寒能力[27]。14种供试验的葡萄砧木,随着温度的降低,其枝条中可溶性蛋白含量均呈现上升趋势,但在不同温度处理下,则出现不同程度的差异。－15 ℃降至－20 ℃,不同砧木品种枝条的可溶性蛋白含量增加幅度较大,其中,196-17枝条中可溶性蛋白含量增幅最大。－25 ℃后,各砧木枝条的可溶性蛋白含量缓慢上升或趋于平稳。卢精林等[15]研究发现可溶性糖随温度的降低,其含量先升高后不变,此研究结果与本试验相一致。该研究发现,196-17和Leon Millt葡萄砧木枝条的抗抽干能力和抗寒性均高于其它砧木品种,Rupestris du Lot葡萄砧木枝条的抗抽干能力和抗寒性弱,SO4葡萄砧木枝条抗寒性强,但抗抽干能力弱,161-490葡萄砧木枝条抗寒性弱,但抗抽干能力强。说明砧木的抗抽干能力与抗寒性相关,但并非完全相同,故对其抗逆性机理有待深入研究。

## 4　结论

本研究发现Riparia、196-17、44-53ma和Leon

Millt具备较强的抗抽干能力和抗寒性,可在免埋土葡萄砧木方面使用,适合在我国西北地区广泛应用。

## 参 考 文 献


[1]樊丁宇,卢春生,闫鹏,等.南疆冬季不同条件下果园微环境的温度差异[J].果树学报,2013,30(6):989-993.
Fang D Y, Lu C S, Yan P, et al. Preliminary study on temperature difference of orchard micro-environment in winter under different conditions in Southern Xinjiang [J]. Journal of Fruit Science, 2013, 30(6): 989-993.

[2]吴敏,王平,管雪强,等.天山北坡葡萄越冬冻害成因与预防对策[J].塔里木大学学报,2012,24(3):64-68.
Wu M, Wang P, Guan X Q, et al. Causes and countermeasures for overwintering freezing injury of grapevine in the Northern Slope of Tianshan Mountains Region [J]. Journal of Tarim University, 2012, 24(3): 64-68.

[3]张亚红,平吉成,王文举,等.宁夏酿酒葡萄不同埋土方式越冬效果的比较[J].果树学报,2007,24(4):449-454.
Zhang Y H, Ping J C, Wang W J, et al. Comparison of different soil-burry methods on the over-wintering of wine grape cultivars in Ningxia Autonomous Region [J]. Journal of Fruit Science, 2007, 24(4): 449-454.

[4]李鹏程,苏学德,王晶晶,等.8种葡萄砧木品种的低温半致死温度与抗寒性综合评价[J].甘肃农业大学学报,2017,52(1):92-96.
Li P C, Xu X D, Wang J J, et al. Seni-lethal temperature and comprehensive evaluation of hardiness on eight kinds of grape rootstock [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2017, 52(1): 92-96.

[5]郑晓翠,王海波,王孝娣,等.14个葡萄砧木品种抗寒性评价[J].中国果树,2014(1):36-39.
Zheng X C, Wang H B, Wang X D, et al. Evaluation of cold resistance of 14 grapevine rootstock varieties [J]. China Fruits, 2014(1): 36-39.

[6]王振平,李栋梅,代红军,等.酿酒葡萄优质高效栽培技术研究[M].北京:中国轻工业出版社,2023:68-78.
Wang Z P, Li D M, Dai H J, et al. Research on high-quality and high-efficiency cultivation technology of wine grapes [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2023: 68-78.

[7]刘竞择,曹柠,张艳霞,等.葡萄砧木冬季抗抽干能力及抗旱性综合评价[J].果树学报,2020,37(03):339-349.
Liu J Z, Cao N, Zhang Y X, et al. Comprehensive evaluation on resistance of different grape rootstocks to vine dehydration and drought stress during overwintering [J]. Journal of Fruit Science, 2020, 37(03): 339-349.

[8]陈宁.贺兰山东麓产区酿酒葡萄冻旱机理研究[D].银川:宁夏大学,2020.
Cheng N. Mechanism of freezing and drought in wine grapes in Helan Mountain East Foothill Appellation [D]. Yinchuan: Ningxia University, 2020.

[9]王文举,张亚红,牛锦凤,等.电导法测定鲜食葡萄的抗寒性[J].果树学报,2007,4(1):34-37.
Wang W J, Zhang Y H, Niu J F, et al. Study on cold tolerance of table grape cultivars by measuring the conductivity [J]. Journal of Fruit Science, 2007, 4(1): 34-37.

[10]郝再彬,苍晶,徐仲.植物生理实验[M].哈尔滨工业大学出版社,2004.
Hao Z B, Cang J, Xu Z. Plant physiological experiment [M]. Harbin Institute of Technology Press, 2004.

[11]张剑侠,吴行昶,杨亚州,等.引进美国制汁葡萄品种抗寒性的综合评价[J].北方园艺,2011(24):1-5.
Zhang J X, Wu X C, Yang Y Z, et al. Comprehensive evaluation of juice making grape cultivars introduced from USA to cold-resistance [J]. Northern Horticulture, 2011(24): 1-5.

[12]马玉坤,贾永芳,马静芳.藤稔与红地球葡萄嫁接苗特性观察[J].西北林学院学报,2010,25(4):97-100.
Ma Y K, Jia Y F, Ma J F. Observation on the grafting characteristics of grapewine and red globe [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(4): 97-100.

[13]刘毅,刘格格,黄军保,等.5个柿品种抗抽条能力及与枝条水力和解剖性状的关系[J].中国果树,2023(09):32-38.
Liu Y, Liu G G, Huang J B, et al. The relationship between the ability of resistance to shoots shriveling of five persimmon varieties and the hydraulic and anatomical characteristics of branches [J]. China Fruits, 2023(09): 32-38.

[14]吴行昶.葡萄种质资源的抗寒性研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2011.
Wu X C. Studies on cold resistance of grape resources [D]. Yang Ling: Northwest A&F University, 2011.

[15]卢精林,李丹,祁晓婷,等.低温胁迫对葡萄枝条抗寒性的影响[J].东北农业大学学报,2015,46(4):36-43.
Lu J L, Li D, Qi X T, et al. Effect of low temperature stress on cold resistance of grapes branch [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2015, 46(4): 36-43.

[16]施明,谢军,徐美隆,等.贺兰山东麓8个酿酒葡萄品种抗寒性比较[J].江苏农业科学,2017,45(5):137-140.
Shi M, Xie J, Xu M L, et al. Cold resistance of 8 wine grape varieties in the eastern foot of Helan Mountain [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2017, 45(5): 137-140.

[17]王海鸥,高展,艾克拜尔·毛拉,等.自然越冬条件下17个葡萄砧木品种几个生理指标变化分析[J].经济林研究,2019,37(4):120-128.
Wang H O, Gao Z, Aikebaier M L, et al. Analysis on changes of several physiological indexes of 17 grape rootstock cultivars under natural wintering conditions [J]. Non-wood Forest Research, 2019, 37(4): 120-128.

[18]郝停停,李妍琪,徐炎,等.23个葡萄砧木的抗寒性比较与评价[J].中外葡萄与葡萄酒,2016(3):13-17.
Hao T T, Li Y Q, Xu Y, et al. Comparison and evaluation of the cold resistance of twenty-three rootstock varieties [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2016(3): 13-17.

[19]潘晓云,曹琴东,王根轩.膜脂过氧化作为扁桃品种抗寒性鉴定指标研究(英文)[J].生态学报,2002,22(11):1902-1911.
Pan X Y, Cao Q D, Wang G X. Evaluation of lipid

peroxidation for use in selection of cold hardiness cultivars of almond [J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(11): 1902-1911.

[20]陈少裕.膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J].植物生理学通讯,1991,27(2):84-90.
Chen S Y. Injury of membrane lipid peroxidation to plant cell [J]. Plant Physiology Communication, 1991, 27(2): 84-90.

[21]袁军伟,郭紫娟,马爱红,等.葡萄砧木抗寒性的鉴定与综合评价[J].中国农学通报,2013,29(4):99-103.
Yuan J W, Guo Z J, Ma A H, et al. Cold resistance identification and comprehensive evaluation of grape rootstocks [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2013, 29(4): 99-103.

[22]杨凤翔,金芳,颜霞.不同草莓品种抗寒性综合评价[J].果树学报,2010,27(3):368-372.
Yang F X, Jin F, Yan X. Comprehensive evaluation of different strawberry varieties' tolerance to coldness [J]. Journal of Fruit Science, 2010, 27(3): 368-372.

[23]陈思琪,孙敬爽,麻文俊,等.植物低温胁迫调控机制研究进展[J].中国农学通报,2022,38(17):51-61.
Chen S Q, Sun J C, Ma W J, et al. Regulation mechanism of low temperature stress on plants: research progress [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2022, 38(17): 51-61.

[24]张基德.梨品种枝条可溶性糖、脯氨酸含量变化规律与抗寒性的关系[J].延边大学农学学报,2004,(12):281-285.
Zhang J D. Relationship between the soluble sugar content, proline content and the hardiness of pear cultivars [J]. Journal of Agricultural Science Yanbian University, 2004, (12): 281-285.

[25]艾琳.鲜食葡萄抗寒性研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2003.
Ai L. Study on the Cold Resistance Property of Grape [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2003.

[26]肖啸,刘建珍,张立彬,等.果树抗寒性研究的进展(综述)[J].河北职业技术师范学院学报,2003(3):76-79.
Xiao X, Liu J Z, Zhang L B, et al. Research progress on cold resistance of fruit trees (Review)[J]. Journal of Hebei Normal University of Science & Technology, 2003(3): 76-79.

[27]王荣富.植物抗寒指标的种类及其应用[J].植物生理学通讯,1987(3):49-55.
Wang R F. The kinds of plant hardiness criteria and their application [J]. Plant Physiology Communication, 1987(3): 49-55.

## Comparative study on cold resistance and drought tolerance of different grape rootstocks

Ma Xiaoyan[1], Hu Hongyuan[2], Li Jinyang[1], Hou Chenyang[1], Li Dongmei[1], Wang Zhenping[1*]

(*1.School of Wine & Horticulture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2.School of Life Sciences, Ningxia University, Yinchuan 750021, China*)

**Abstract**: [Objective] With the new situation of climate change, further selection of grape rootstock varieties suitable for cold resistance and drought tolerance in the Northwest China is necessary to provide theoretical basis and technical support for the unburied cultivation of grapes. [Methods] Thirteen-year-old grape rootstock varieties including 41Bmgt, Riparia, 420Bmgt, 101-14, 196-17, 44-53ma, 110R, Rupestris du Lot, SO4, 161-490, 1103P, 5BB, 3309, and Leon Millt, were selected as test materials. The cumulative water loss rate of isolated one-year-old shoots was measured, and combined with field investigation of grape rootstock survival rate and drying rate of isolated one-year-old shoots, the drought resistance of different grape rootstock varieties was evaluated. A high and low temperature alternation test chamber was used to simulate low temperatures, with temperature gradients set at 4 ℃(control), −15 ℃, −20 ℃, −25 ℃, and −30 ℃. Physiological and biochemical indicators including relative conductivity, malondialdehyde, free proline, soluble sugars, and soluble proteins of different grape rootstock one-year-old shoots were measured, and the cold resistance of different grape rootstocks was comprehensively evaluated using the subordinate function method. [Results] The drought resistance of different grape rootstocks from strongest to weakest was as follows: 3309>161-490>196-17>Leon Millt>420Bmgt>44-53ma>Riparia>110R>1103P>SO4>101-14>41Bmgt>5BB>Rupestris du Lot; As the treatment temperature decreased, the cold resistance indexes of different grape rootstock shoots generally increased, but there were differences among different varieties. According to the comprehensive analysis of the affiliation function, the cold resistance of grape rootstocks from strongest to weakest was as follows: SO4>196-17>Leon Millt>5BB>Riparia>44-53ma>420Bmgt>1103P>3309>110R>Rupestris du Lot>101-14>41Bmgt>161-490. [Conclusion] Riparia, 196-17, 44-53ma, and Leon Millt have strong drought resistance and cold resistance and can be used as unburied grape rootstocks in the north-west region of the country.

**Keywords**: Grape rootstock, High and low temperature alternating test chamber, Cold resistance, Anti-draining, Membership function method

(编辑:吕俊俐)